**Курсовой проект**

**Тема: «Расчет ходкости судна и подбор пропульсивного комплекса»**

##### Задание на курсовое проектирование

Выполнить:

1. Расчет буксировочного сопротивления и буксировочной мощности методом Холтропа;
2. Расчет буксировочного сопротивления и буксировочной мощности с использованием данных испытаний систематических серий моделей судов;
3. Подбор элементов гребного винта для скорости хода 13 - 15 узлов при заданном диаметре по теоретическому чертежу;
4. Подбор главной энергетической установки - дизеля по каталогам фирм – производителей;
5. Уточнение характеристик гребного винта при работе с выбранным двигателем и определение достижимой скорости хода;
6. Построение чертежа гребного винта.
7. Построение паспортной диаграммы.

1***.*** Расчет сопротивления воды движению судна по HOLTROP (голландский опытовый бассейн)

1.1Данные для расчета сопротивления воды движению судна по HOLTROP (голландский опытовый бассейн)

Этот способ основан на обработке результатов испытаний почти двухсот различных моделей и натуральных судов. Метод может применяться для расчета сопротивления самых разнообразных типов судов с широким изменением параметров формы, таких, например, как танкеры, контейнеровозы, рыболовные суда и т. д., включая суда с предельно большой полнотой обводов и необычным соотношением главных размерений.

Для расчета данным способом надо использовать следующие данные:

Главные характеристикм судна-проекта:

Lpp - длина между перпендикулярами 110 м;

Lwl - длина по КВЛ 114,58 м;

B - ширина наибольшая 18,33 м;

Tap - осадка в корме 7,05 м;

Tfp - осадка в носу 7,05 м;

V - объемное водоизмещение 8558,4 м3;

lcb – абсцисса центра величины в % от (Lwl/2) -0,06 %;

cm – коэффициент полноты мидель-шпангоута 0,966;

cwp – коэффициент полноты ватерлинии 0,728;

v - расчетная скорость 15,0 узлов;

Значения Lpp, Lwl, B, Tap, Tfp, V, cm, cwp берем из своего варианта;

lcb **= (**Lwl/2 – (Lwl/2 + Xc)**)/** Lwlx 100%.

Дополнительные данные:

Abt – площадь сечения носового бульба на шп. 0 0,00 м2;

hb – возвышение ЦТ площади сечения бульба 0,00 м;

S – площадь смоченной поверхности 2619,9 м2;

At – площадь смоченной поверхности транца 0,00 м 2;

d – диаметр туннеля подруливающего устройства 0,00 м;

Cbto – к-т сопр-я подруливающего устройства (0,003-0,012) 0,003;

ie –1/2 угла входа КВЛ 18º;

cstern – форма кормы (V-шп = -10; норм. = 0; U-шп. = +10) 0;

Awind – площадь парусности 445,50 м2;

CXwind – коэффициент сопротивления воздуха (0,8-1) 0,80;

Vwind – скорость ветра (нормально 2,5 м/с) 2,5 м/с.

Данных Abt, hb, d для данного проекта нет;

S – берется из предыдущей курсовой работы;

ie –данные снимаются с теоретического чертежа, при его отсутствии эту величину приближенно можно вычислить по формуле

ie = 1 + 89 exp [-(L/B)0,80856 x (1-α)0,30484 x (1-φ-0,0225 x lcb)0,6367 x (LR/B)0,34574 x (100 V/L3)0,16302];

LR = L x (1-φ + 0,006 x lcb/(4φ-1));

φ = V Ω L – коэффициент продольной полноты;

cstern – данные снимаются с теоретического чертежа;

Awind – берется из предыдущей курсовой работы или приближенно вычисляется по формуле Awind = B2;

Смоченная поверхность выступающих частей:

Arud1 – руль за рудерпостом 0,00 м2;

Arud2 – балансирный руль 10,26 м2;

Arud3 – полубалансирный руль 0,00 м2;

Awb – кронштейн гребного вала 0,00 м2;

Arh – пятка руля 0,00 м2;

Awt – свободный гребной вал вне корпуса 0,00 м2;

Awh – обтекатель гребного вала 2,14 м2;

Aw – гребной вал 0,00 м2;

Af – гидродинамический успокоитель качки 0,00 м2;

Adome – домы 0,00 м2;

Askiel – скуловые кили 0,00 м2.

Тип и расположение привода выбираем по правилам российского морского регистра судоходства.

Площадь руля F назначают, пользуясь зависимомтью:

F = L T / A

A – коэффициент, который выбирается в зависимости от типа судна в следующих пределах: 40-70 для грузовых транспортных судов.

λ = h / bcp = h2 / F – относительное удлинение руля;

Arh, Awh – данные снимаются с теоретического чертежа.

Константы:

g – ускорение свободного падения 9,81 м/c2;

rho – плотность воды 1025 кг/м3;

nue – коэффициент кинематической вязкости воды 1,188x10-6 м2/c;

rho2 – плотность воздуха 1,225 кг/м3.

Полное сопротивление судна

RT = CT (ρ V2 / 2) Ω = CT Fr2 (ρ g Ω L )/ 2;

Ω – смоченная поверхность судна.

Буксировочная мощность:

PE = RT V.

Коэффициент полного сопротивления:

CT = CV + CW + CTR + CA

Коэффициент вязкостного сопротивления:

CV = CF0 (I + K)

CF0 = 0,075 / (lg R - 2)2 - коэффициент сопротивления трения эквивалентной пластины.

Параметр формы (I + K) определяется по формуле:

(I + K) = C13 [0,93 + C12 (B / LR)0,92497 x (0,95 – φ + 0,0225 lcb)0,6906];

C13 – коэффициент, учитывающий влияние формы кормовой оконечности на вязкостную составляющую сопротивления.

C13 = 1 + 0,003 Cкормы

Значение коэффициента Cкормы

|  |  |
| --- | --- |
| Тип кормовой оконечности | Cкормы |
| С V-образными шпангоутами | -10 |
| С обычными обводами | 0 |
| С U-образными шпангоутами и бульбом | 10 |

Коэффициент C12 определяется по формуле:

C12 = (T / L)0,2228446, если T / L > 0,05;

C12 = 48,20 (T / L – 0,02)2,078 +0,479948, если 0,02 ≤ T / L ≤ 0,05;

C12 = 0,479948, если T / L < 0,02.

Коэффициент волнового сопротивления:

CW = A Fr-2 exp[ml Fr-0,9 + C15 φ2 exp(-0,1 Fr-2) cos (λ Fr-2)];

A = 2 C1 C2 C3 δ B T / Ω;

C1 = 2223105 C73,78613 (T / B)1,07961 (90 - iK)-1,37565;

C7 = 0,229577 (B / L)0,33333, если B / L < 0,11;

C7 = B / L, если 0,11 ≤ B / L ≤ 0,25;

C7 = 0,5 - 0,0625 (L / B), если B / L > 0,25;

C2 – коэффициент, учитывающий влияние носового бульба на волновое сопротивление:

C2 = exp (-1,89 √ C3);

C3 = 0,56 ABT1,5 / [B T (0,31 √( ABT + TF - hB))];

ABT – площадь поперечного сечения бульба на носовом перпендикуляре;

hB – отстояние ЦТ этого сечения от линии киля;

TF - осадка на носовом перпендикуляре;

C5 – коэффициент, учитывающий влияние транцевой кормы на волновое сопротивление:

C5 = 1 – 0,8 AT / ( B T β);

AT – площадь поперечного сечения погруженной части транца при нулевой скорости;

m1 = 0,0140407 ( L / T) – 1,75254 (V1/3/ L) – 4,79323 (B / L) – C16;

C16 = 8,07981 φ – 13,8673 φ2 + 6,984388 φ3, если φ > 0,80;

C16 = 1,73014 – 0,7067 φ, если φ > 0,80;

C15 = -1,69385, если L3 / V < 512;

C15 = 0, если L3 / V > 172715;

C15 = -1,69385 + (L / V1/3-8,0) / 2,36, если 512 < L3 / V < 172715;

λ – коэффициент, характеризующий волнообразующую длину λL:

λ = 1,446 φ – 0,03 (L/B), если L / B < 12;

λ = 1,446 φ – 0,36, если L / B > 12.

Коэффициент сопротивления транцевой кормы:

CTR = 0,2 (1-0,2 FrT) AT/ Ω, если FrT < 5;

FrT = Fr √ (L B (1 + α) / 2A);

CTR = 0, если FrT ≥ 5;

Расчет сопротивления трения:

Rf = ρ V2 CF0 (1 + K1) Ω / 2000 (кН);

Расчет сопротивления воздуха:

Rwind = ρA / 2 (V + Vwind)2 Cxwind Awind / 1000 (кН);

ρA = 1,226 кг/м3 – плотность воздуха.

Расчет сопротивления модели:

Ra = (ρ / 2) V2 Ω C / 1000 (кН);

C = 0,006 (LKWL + 100)-0,16 – 0,00205 + 0,003 √( LKWL / 7,5) δ4 C2 (0,04 – C4);

C4 = 0,04, если Tfp/LKWL > 0,04;

C4 = Tfp/LKWL, если Tfp/LKWL < 0,04.

Расчет сопротивления транца:

Rtr = (ρ / 2) V2 Ω CTR / 1000 (кН);

Расчет сопротивления выступающих частей:

Rapp = ((ρ / 2) V2 Sapp (1 + k2)eq CF0) + ρ V2 3,14 d2 Cbto)/ 1000 (кН);

Sapp – сумма смоченных поверхностей выступающих частей;

(1 + k2)eq = C1 / Sapp, если Sapp > 0;

(1 + k2)eq = 0, если Sapp = 0.

Расчет волнового сопротивления:

RW = C1 C2 C3V ρ g exp [m1 Fr-0,9 + C15 φ2 exp(-0,1 Fr-2) cos (λ Fr-2)] (кН)

Расчет сопротивления носового бульба:

Rb = 0,11 exp (-3 P B-2) Fni3 Abt1,5 g ρ / (1 + Fni2) / 1000 (кН);

PB = 0,56 √Abt / Tfp – 1,5 hb;

Fni = V / (g (Tfp – 1,5 hb – 0,25 √ Abt)) + 0,15 V2

Расчет суммарного сопротивления:

R = Rf + Rapp + Rw + Rb + Rtr + Ra + Rwind

Расчет произведен с использованием программы "Microsoft Excel", результаты представлены ниже в табличной форме.

**РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ ДВИЖЕНИЯ СУДНА ПО HOLTROP (ГОЛЛАНДСКИЙ ОПЫТОВЫЙ БАССЕЙН)**

**Судно: Сухогруз.**

|  |  |
| --- | --- |
| ***ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ РАСЧЕТА:*** |  |
|  | **главные характеристики судна-проекта** |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Lpp - длина между перпендикулярами . | 110,00  | m |
| Lwl - длина по KWL  |  |  | 114,58  | m |
| B - ширина на миделе |  |  | 18,33  | m |
| Tap - осадка в корме  |  |  | 7,05  | m |
| Tfp - осадка в носу |  |  | 7,05  | m |
| V - объемное водоизмещение |  | 8558,40  | m\*\*3 |
| lcb - абциcса центра величины в % от (Lwl/2) | -0,07  | % |
| cm - к-т полноты мидельшпангоута |  | 0,966  |  |
| cwp - к-т полноты ватерлинии |  | 0,728  |  |
| v - расчетная скорость  |  |  | 15,00  | узлов |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | **дополнительные данные** |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Abt - пл. сечения носового бульба на шп. 0 | 0,00  | m\*\*2 |
| hb - возвышение ЦТ площади сечения бульба | 0,00  | m |
| S - смоченная поверхность ( | 2528,55  | m\*\*2) | 2620  | m\*\*2 |
| At - смоченная поверхность транца |  | 0,00  | m\*\*2 |
| d - диаметр туннеля подруливающего устройства .... | 0,00  | m |
| Cbto - к-т сопр. подр. устройства (0,003 - 0,012) | 0,003  |  |
| ie - 1/2 угла входа KWL ( | 12,139  | °) | 18,00  | ° |
| cstern - форма кормы (V-шп=-10;норм=0;U-шп=+10) | 0,0  |  |
| Awind - площадь парусности ( | 335,99  | m\*\*2) | 445,50  | m\*\*2 |
| CXwind - к-т сопротивления воздуха (0.8 - 1) | 0,80  |  |
| Vwind - скорость ветра (нормально=2.5 m/s) | 2,50  | m/с |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | **смоченная поверхность выступаюших частей** |
|  |  |  |  |  |  |  |
| Arud1 - руль за рудерпостом |  | 0,00  | m\*\*2 |
| Arud2 - балансирный руль |  |  | 10,26  | m\*\*2 |
| Arud3 - полубалансирный руль |  | 0,00  | m\*\*2 |
| Awb - кронштейн гребного вала  |  | 0,00  | m\*\*2 |
| Arh - пятка руля |  |  |  | 0,00  | m\*\*2 |
| Awt - свободный гребный вал вне корпуса  | 0,00  | m\*\*2 |
| Awh - обтекатель гребного вала  |  | 0,00  | m\*\*2 |
| Aw - вал  |  |  |  | 0,00  | m\*\*2 |
| Af - гидродин. успокоители качки |  | 0,00  | m\*\*2 |
| Adome - домы  |  |  |  | 0,00  | m\*\*2 |
| Askiel - скуловые кили |  |  | 12,00  | m\*\*2 |
|  |  | **константы** |  |  |  |
| g - ускорение свободного падения |  | 9,81 | m/с\*\*2 |
| rho - плотность воды |  |  | 1025,9 | кг/m\*\*3 |
| nue - к-т кинематической вязкости воды | 1,19E-06 | m\*\*2/с |
| rho2 - плотность воздуха  |  |  | 1,225 | кг/m\*\*3 |
|  |  |  |  |  |  |  |
| ***РАСЧЕТ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН*** |   |   |
| ***(на печать не выводятся)*** |  |  |   |   |
| **\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*** |
|   |   |   |   |   |   |   |
| Tm ....... | 7,05  |   | 1.5\*Arud1 .......... | 0,00  |   |
| Cb ....... | 0,578  |   | 1.4\*Arud2 .......... | 14,36  |   |
| Cp ....... | 0,5983  |   | 2.8\*Arud3 .......... | 0,00  |   |
| Lr ....... | 45,809  |   | 3\*Awb .............. | 0,00  |   |
| C12 ...... | 0,5448  |   | 1.75\*Arh ........... | 0,00  |   |
| C13 ...... | 1,000  |   | 3\*Awt .............. | 0,00  |   |
| 1+k1 ..... | 1,145  |   | 2\*Awh .............. | 0,00  |   |
| Sapp ..... | 22,26  |   | 3\*Aw ............... | 0,00  |   |
| (1+k2)eq . | 1,40  |   | 2.8\*Af ............. | 0,00  |   |
| B/L ...... | 0,1600  |   | 2.7\*Adome .......... | 0,00  |   |
| C7 ....... | 0,1600  |   | 1.4\*Askiel ......... | 16,80  |   |
| C1 ....... | 2,140  |   | Asumme ............. | 31,16  |   |
| C3 ....... | 0,00000  |   |   |   |   |   |
| C2 ....... | 1,0000  |   |   |   |   |   |
| C5 ....... | 1,0000  |  C16 ...... | 1,3660  |  m1 ...... | -2,2174  |   |
| L/B ...... | 6,251  |  L\*\*3/V .. | 176  |  C15 ..... | -1,69385  |   |
| PB ....... | 0,0000  |  Lambda .. | 0,6777  |  d ....... | -0,9 |   |
| CA ....... | 0,000492  |  Tfp/L ... | 0,062  |  C4 ...... | 0,040  |   |
|   |   |   |   |   |   |   |
|  v (kn) |  v (m/s) |  Rn |  CF |  Rf (kN) |  Rapp (kN) |  Fn |
| 8,00  | 4,11  | 3,97E+08  | 0,001723  | 44,81  | 0,47  | 0,123  |
| 9,00  | 4,63  | 4,46E+08  | 0,001696  | 55,84  | 0,58  | 0,138  |
| 10,00  | 5,14  | 4,96E+08  | 0,001673  | 68,00  | 0,71  | 0,153  |
| 11,00  | 5,65  | 5,45E+08  | 0,001653  | 81,27  | 0,84  | 0,169  |
| 12,00  | 6,17  | 5,95E+08  | 0,001634  | 95,64  | 0,99  | 0,184  |
| 13,00  | 6,68  | 6,44E+08  | 0,001618  | 111,11  | 1,15  | 0,199  |
| 14,00  | 7,20  | 6,94E+08  | 0,001602  | 127,65  | 1,33  | 0,215  |
| 15,00  | 7,71  | 7,44E+08  | 0,001588  | 145,26  | 1,51  | 0,230  |
| 16,00  | 8,22  | 7,93E+08  | 0,001576  | 163,93  | 1,70  | 0,245  |
| 17,00  | 8,74  | 8,43E+08  | 0,001564  | 183,66  | 1,91  | 0,261  |
| 18,00  | 9,25  | 8,92E+08  | 0,001552  | 204,44  | 2,12  | 0,276  |
| 19,00  | 9,77  | 9,42E+08  | 0,001542  | 226,25  | 2,35  | 0,291  |
| 20,00  | 10,28  | 9,91E+08  | 0,001532  | 249,10  | 2,59  | 0,307  |
| 21,00  | 10,79  | 1,04E+09  | 0,001523  | 272,98  | 2,84  | 0,322  |
| 22,00  | 11,31  | 1,09E+09  | 0,001514  | 297,87  | 3,10  | 0,337  |
|   |   |   |   |   |   |   |
|  v (kn) |  m2 |  Rw (kN) |  Fni |  Rb (kN) |  Fnt |  c6 |
| 8,00  | -0,00079  | 0,08  | 0,4856  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 9,00  | -0,00317  | 0,35  | 0,5438  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 10,00  | -0,00861  | 1,15  | 0,6011  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 11,00  | -0,01802  | 3,05  | 0,6575  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 12,00  | -0,03160  | 6,93  | 0,7129  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 13,00  | -0,04892  | 14,39  | 0,7672  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 14,00  | -0,06919  | 27,23  | 0,8204  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 15,00  | -0,09153  | 40,90  | 0,8726  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 16,00  | -0,11509  | 69,36  | 0,9235  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 17,00  | -0,13913  | 122,15  | 0,9732  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 18,00  | -0,16312  | 181,41  | 1,0217  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 19,00  | -0,18662  | 225,87  | 1,0690  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 20,00  | -0,20934  | 263,17  | 1,1149  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 21,00  | -0,23110  | 314,58  | 1,1597  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
| 22,00  | -0,25178  | 398,82  | 1,2031  | 0,000  | 0,000  | 0,20  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | **РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ ДВИЖЕНИЮ СУДНА** |
|  |  |  |  |  |  |  |
| ***РЕЗУЛЬТАТЫ:*** |  |  |  |  |  |
| \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* |
|  | **составляющие сопротивления воды и воздуха** |
|  трения | выступ. ч. |  волнов. | нос.бульба |  транца |  модель |  воздуха |
|  **Rf (kH)** |  **Rapp (kH)** |  **Rw (kH)** |  **Rb (kH)** |  **Rtr (kH)** |  **Ra (kH)** |  **Rwind(kH)** |
| 44,81  | 0,47  | 0,08  | 0,00  | 0,00  | 11,17  | 9,54  |
| 55,84  | 0,58  | 0,35  | 0,00  | 0,00  | 14,14  | 11,08  |
| 68,00  | 0,71  | 1,15  | 0,00  | 0,00  | 17,45  | 12,74  |
| 81,27  | 0,84  | 3,05  | 0,00  | 0,00  | 21,12  | 14,51  |
| 95,64  | 0,99  | 6,93  | 0,00  | 0,00  | 25,13  | 16,40  |
| 111,11  | 1,15  | 14,39  | 0,00  | 0,00  | 29,49  | 18,40  |
| 127,65  | 1,33  | 27,23  | 0,00  | 0,00  | 34,21  | 20,52  |
| 145,26  | 1,51  | 40,90  | 0,00  | 0,00  | 39,27  | 22,76  |
| 163,93  | 1,70  | 69,36  | 0,00  | 0,00  | 44,68  | 25,10  |
| 183,66  | 1,91  | 122,15  | 0,00  | 0,00  | 50,44  | 27,57  |
| 204,44  | 2,12  | 181,41  | 0,00  | 0,00  | 56,55  | 30,15  |
| 226,25  | 2,35  | 225,87  | 0,00  | 0,00  | 63,00  | 32,84  |
| 249,10  | 2,59  | 263,17  | 0,00  | 0,00  | 69,81  | 35,65  |
| 272,98  | 2,84  | 314,58  | 0,00  | 0,00  | 76,97  | 38,58  |
| 297,87  | 3,10  | 398,82  | 0,00  | 0,00  | 84,47  | 41,62  |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  | **суммарное сопротивление и буксировочная мощность** |
|  |  |  |  |  |  |  |
|  |  **v (узл)** |  **v (m/с)** |  **Fn** |  **R (kН)** |  **Pe (kВ)** |  |
|  | 8,00  | 4,11  | 0,123  | 66  | 272  |  |
|  | 9,00  | 4,63  | 0,138  | 82  | 379  |  |
|  | 10,00  | 5,14  | 0,153  | 100  | 514  |  |
|  | 11,00  | 5,65  | 0,169  | 121  | 683  |  |
|  | 12,00  | 6,17  | 0,184  | 145  | 895  |  |
|  | 13,00  | 6,68  | 0,199  | 175  | 1166  |  |
|  | 14,00  | 7,20  | 0,215  | 211  | 1518  |  |
|  | 15,00  | 7,71  | 0,230  | 250  | 1925  |  |
|  | 16,00  | 8,22  | 0,245  | 305  | 2507  |  |
|  | 17,00  | 8,74  | 0,261  | 386  | 3370  |  |
|  | 18,00  | 9,25  | 0,276  | 475  | 4392  |  |
|  | 19,00  | 9,77  | 0,291  | 550  | 5374  |  |
|  | 20,00  | 10,28  | 0,307  | 620  | 6377  |  |
|  | 21,00  | 10,79  | 0,322  | 706  | 7620  |  |
|  | 22,00  | 11,31  | 0,337  | 826  | 9339  |  |

По данным таблиц построим диаграммы:

-сопротивления воды движению судна;

-составляющие полного сопротивления судна от скорости;

-буксировочной мощности.







2.Расчеты сопротивления воды движению судна по данным испытаний систематических серий моделей судов.

Для расчета сопротивления воды движению судна используем серию универсальных среднескоростных судов (учебное пособие, Л. С. Артюшков). Результаты испытаний моделей этой серии используются для расчета сопротивления и буксировочной мощности универсальных сухогрузных судов, среднетоннажных танкеров и судов для навалочных грузов. Основные геометрические характеристики моделей серии:

-коэффициент общей полноты δ = 0,60…0,80

-отношение главных размерений L/B = 7,3; B / T = 2,5;

-форма носовой оконечности V–образная и U–образная.

Все модели имели длину 7 метров.

Коэффициент остаточного сопротивления для этой серии определяется по выражению

Cr = Cr0 kl kB/T aB/T kV

Коэффициент Cr0 снимается с основной диаграммы серии как функция коэффициента общей полноты для соответствующих значений чисел Фруда. Коэффициент влияния относительной длины kl = al / al0 вычисляется как отношение значений al, снимаемых с диаграммы соответственно для заданного значения относительной длины l судна и стандартого значения l0 для моделей этой серии, определяемого как функция коэффициента общей полноты.

Коэффициенты kB/T и aB/T, произведение которых учитывает влияние отличия заданного значения B/T от принятого в серии B/T = 2,5, определяется с диаграммы.

Коэффициент kV вводится только для учета влияния V–образной формы носовых шпангоутов на остаточное сопротивление. Значения этого коэффициента определяются в функции от δ и числа Фруда с диаграммы.

Расчет произведен с использованием программы "Microsoft Excel", результаты представлены ниже в табличной форме.

**РАСЧЕТ СОПРОТИВЛЕНИЯ ВОДЫ ПО 60-Й СЕРИИ**

**ПРОЕКТ: СУХОГРУЗ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **ограничения:** |  одновинтовые суда |    |
|  |  |  5.5 =< Lpp/B =< 8.5 |
|  |  |  2.5 =< B/T =< 3.5 |
|  |  |  0.6 =< cb =< 0.8 |
|  |  |  -2.48 =< xb =< 3.51  |
|   |   |   |   |   |
| **исходные данные:** |  |  |  |  |  |
| **длина между перпендикулярами, м** |  | **Lpp=** | **110,00**  | м |
| **ширина судна на миделе, м** |  |  | **B=** | **18,33**  | м |
| **средняя осадка, м** |  |  |  | **T=** | **7,05**  | м |
| **коэффициент общей полноты** |  |  | **cb=** | **0,6** |  |
| **абсцисса ЦВ, в % от Lpp** | (реком.: | -1,94  | ) | **xb=** | **-0,07**  | % |
| **длина по ватерлинии, м** | (реком.: | 111,87  | ) | **Lwl=** | **114,58**  | м |
| **расчетная скорость, уз** |  |  |  | **Vs=** | **15,00**  | узл. |
| **смоченная поверхность, м2** | (реком.: | 2596  | ) | **S=** | **2620**  | м2 |
| **корреляционный к-т** | (реком.: | 0,0003 | ) | **Ca=** | **0,00030**  |  |
| **к-т выступ. частей** | (реком.: | 0,00015 | ) | **Capp=** | **0,00080**  |  |
| **кинематическая вязкость воды** |  |  | **ny=** | **1,1E-06**  | м2/с |
| **плотность воды** |  |  |  |  | **roh=** | **1,025**  | т/м3 |
| **Lpp/B=** | **6,0**  |  | **B/T=** | **2,6**  |  | **U=** | **0,774**  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| **РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА:** |
| **Vs, узл.** | 11,00  | 12,00  | 13,00  | 14,00  | 15,00  | 16,00  |
| **V, м/c** | 5,66  | 6,17  | 6,69  | 7,20  | 7,72  | 8,23  |
| **Fr** | 0,169  | 0,184  | 0,199  | 0,215  | 0,230  | 0,245  |
| **U** | 0,568  | 0,619  | 0,671  | 0,723  | 0,774  | 0,826  |
| **Y400** | -0,975  | -1,012  | -1,001  | -0,972  | -1,016  | -1,073  |
| **CRT400** | 9,22  | 8,91  | 9,01  | 9,25  | 8,88  | 8,40  |
| **CT400** | 0,0027  | 0,0026  | 0,0026  | 0,0027  | 0,0026  | 0,0024  |
| **U400** | 0,5454  | 0,5950  | 0,6445  | 0,6941  | 0,7437  | 0,7933  |
| **CFo400** | 0,0016  | 0,0016  | 0,0016  | 0,0016  | 0,0016  | 0,0016  |
| **CR** | 0,0006  | 0,0005  | 0,0006  | 0,0007  | 0,0006  | 0,0005  |
| **Rn** | 5,7E+08 | 6,2E+08 | 6,7E+08 | 7,2E+08 | 7,7E+08 | 8,2E+08 |
| **CFo** | 0,0011  | 0,0011  | 0,0011  | 0,0011  | 0,0011  | 0,0010  |
| **CT** | 0,0028  | 0,0027  | 0,0028  | 0,0028  | 0,0027  | 0,0026  |
| **Rt,кН** | 121  | 139  | 166  | 197  | 219  | 237  |
| **Pe,кВт** | 682  | 860  | 1108  | 1422  | 1687  | 1948  |

Сравним эти два способа по диаграмме.



3***.*** Подбор элементов гребного винта для скорости хода 13 - 15 узлов при заданном диаметре по теоретическому чертежу.

3.1 Определение коэффициентов взаимодействия

Одновинтовое морское сухогрузное судно

При практических расчетах используется следующая эмпирическая формула



L, B, T - длина, ширина и осадка судна

Е - высота оси ГВ над ОП

D - диаметр винта

 - коэффициент продольной полноты

q1 - коэффициент, учитывающий форму кормы;

f1 - угол наклона образующей лопасти

Коэффициент засасывания транспортных одновитновых судов вычисляется

по формуле



Тогда коэффициент попутного потока равен

q2 - коэффициент учитывающий форму руля

q2=0.7…0.9 - для обтекаемого

q2=0.9…1.05 - для пластинчатого

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Для расчета принимаем: | q2= | 0,9 |  |
| Тогда: |  |  |  |  |  |  |
| t= | 0,192214 |  |  |  |  |  |
| Для морских судов может также использоваться формула Папмеля: |
|

|  |
| --- |
|  |

 |  |  |  |  |  |  |
| где |  |  |  |  |  |  |
| х=1 для средних винтов; х=2 для бортовых винтов. |  |
|  |  |  |  | х= | 1 |  |
| V - водоизмещение судна, м3; | V= | 8558 | м3 |
| D - диаметр винта, м; |  | D= | 4,94 | м |
|  - коэффициент общей полноты; |  |  |  |  |
|  - поправка на влияние числа Фруда (только при Fr>=0.2) |
|

|  |
| --- |
|  |

 |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 0,235 |  |  |  |  |
|  |  | 0,003 |  |  |  |  |
| Тогда |  |  |  |  |  |  |
| = | 0,1904 |  |  |  |  |  |
| t= | 0,17136 |  |  |  |  |  |
| Характерными для одновинтовых сухогрузных судов являются |
| следующие коэффициенты взаимодействия: |  |  |
| С пластинчатым рулем: | С обтекаемым рулем: |  |
| = | 0.20-0.22 | = | 0.24-0.26 |  |
| t= | 0.17-0.19 | t= | 0.15-0.17 |  |
|  |  |  |  |  |  |  |
| В дальнейших расчетах принимаем: |  |  |  |
| = | 0,213572 |  |  |  |  |  |
| t= | 0,192214 |  |  |  |  |  |
| i1 - коэффициент влияния неравномерности поля скоростей на упор; |
| i2 - коэффициент влияния неравномерности поля скоростей на момент; |
| Теоренические и экспериментальные исследования показали, что величина |
| коэффициентов i1 i2 для обычных судов должна быть близка к 1. |
| В расчетах принимаем: |  |  |  |  |
|  | i1= | 1 |  |  |  |  |
|  | i2= | 1 |  |  |  |  |

**3.2 Выбор расчетной диаграммы**

|  |
| --- |
| Для выбора расчетной диаграммы назначим число лопастей равным 3 |
|  | (для морских судов 3-6). |  |  |  |
| Величина дискового отношения, обеспечивающего отсутствие развитой кавитации, |
|  | определится по формуле: |  |  |  |
|  |

|  |
| --- |
|  |

 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  | 0,466199 |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| где |  |  | 371,39 | кН |  - упор винта при расчетной скорости |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | R= | 250 | кН |  - сопротивление движению судна при расчетной |
|  |  |  |  |  |  | скорости |  |
|  |  | zp= | 1 |  |  - число гребных винтов |
|  |  | t= | 0,1922 |  |  - коэффициент засасывания |
|

|  |
| --- |
|  |

 |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  | 146,08 | кПа |  - разность давления на оси ГВ и давления  |
|  |  |  |  |  |  | насыщенных паров |
|  | D= | 4,935 | м |  |  - диаметр гребного винта |
|  | z= | 3 |  |  |  - количество лопастей ГВ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Минимально необходимое дисковое отношение, обеспечивающее прочность лопасти  |
|  | при заданной относительной толщине лопасти в самом широком месте (r=0,6R) |
|  | определяется по формуле: |  |  |  |
|  |

|  |
| --- |
|  |

 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  | 0,326016 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| где |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 0,2 |  |  - относительный диаметр ступицы ГВ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | m= | 1,15 |  |  - коэффициент учитывающий характер нагрузки |
|  | зад= | 0,085 |  |  - задаваемая относительная толщина лопасти ГВ |
|  | доп | 60000 | кПа |  - допускаемые напряжения материала лопасти ГВ  |
|  |  |  |  |  | (латунь ЛМцЖ55-3-1) |
| Для расчета принимаем наиболшее, округденное до ближайшего, для которого  |
|  | построены диаграммы, из полученных значений дискового отношения. |
|  | расч | 0,5 |  |  |  |  |  |
|  | при | z= | 3 |  |  |  |  |

4. Расчет гребного винта для оценки потребной мощности и оптимальной частоты вращения. Подбор СЭУ

Для расчета примем следующие значения диаметра винта и скорости.

D=4,94 м

V=15 уз

Расчет выполниим в расчетной форме

Таблица 2

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Приведенное сопротивление: | R\*, кН | 300,0 |
| Полезная тяга: |   |   | Ре, кН | 300,0 |
| Скорость судна: |   |   | V, м/с | 7,7 |
| Поступательная скорость винта: | Vp, м/с | 6,1 |
| Коэффициент упора диаметра: | kd' | 1,75 |
| По диаграммам |   |   |   |   |
|  - | относительная поступь: | p | 0,640 |
|  - | шаговое отношение: | H/D | 0,630 |
|  - | КПД свободного винта: | p | 0,675 |
| Пропульситвный коэффициент: |  | 0,4 |
| Потребная мощность двигателя: | Ne, кВт | 5532,4 |
| Опримальная частотавращения: | n, об/мин | 118,1 |

где

R\*=1,2R

Pe=R\*/zp

V=0,514Vs



kd'=VpD(/P)^(1/2)







nопт=60Vp/(p\*D\*a)

а=0,974



0,2

0,3

0,5

0,975

а

 - определяется по таблице:

0,975

0,97

0,96

По полученным згачениям оплтмальной потребляемой мощьности и частоты оборотов

подбираем малооборотный дизель:

kWmin^-1MassLBHr

6195450112000905032004500

Firma -производитель / разработчик

Typ -тип двигателя

kW -мощность 100% в кВт

min-1 -обороты в минуту

Mass -масса сухого двигателя в кг

L -длина двигателя максимальная в мм

B -ширина у основание (фундамент) в мм

Hr -высота ремонтная или двигателя (как дано в

каталогах) отчитана от середины оси вала в мм

5. Определение параметров гребного винта, обеспечивающего наибольшую скорость хода судна

Расчёт гребного винта представлен в таблице 3

Расчёт гребного винта, обеспечивающего наибольшую скорость хода судна

Таблица 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Скорость судна | *Vs* | уз | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 2 | Скорость воды в диске ГВ | *Vp* | м/с | 4,85 | 5,25 | 5,66 | 6,06 | 6,47 |
| 3 | Тяга винта | *Pe* | кгс | 17737 | 21407 | 25810 | 30581 | 37309 |
| 4 | Упор винта | *P* | кгс | 21958 | 26501 | 31952 | 37858 | 46187 |
| 5 | Число оборотов ГВ | *n* | с-1 | 1,88 | 1,88 | 1,88 | 1,88 | 1,88 |
| 6 | Испр. значение упора | *P`* | кгс | 21958 | 26501 | 31952 | 37858 | 46187 |
| 7 | Коэфф-т числа оборотов | *k`н* |   | 0,93 | 0,96 | 0,99 | 1,01 | 1,03 |
| 8 | Относит. поступь (с диаг.) | *p`* |   | 0,57 | 0,585 | 0,605 | 0,63 | 0,645 |
| 9 | Испр. значение p` | *p* |   | 0,555 | 0,570 | 0,589 | 0,614 | 0,628 |
| 10 | Оптимальный диаметр ГВ | *D* | м | 4,66 | 4,92 | 5,12 | 5,27 | 5,49 |
| 11 | Коэфф-т упора | *K1* |   | 0,128 | 0,124 | 0,127 | 0,134 | 0,139 |
| 12 | КПД ГВ | *p* |   | 0,672 | 0,679 | 0,686 | 0,695 | 0,7 |
| 13 | Шаговое отношение | *H/D* |   | 0,74 | 0,77 | 0,78 | 0,81 | 0,825 |
| 14 | Коэфф-т влияния корпуса | *к* |   | 1,027 | 1,027 | 1,027 | 1,027 | 1,027 |
| 15 | Пропульсивный коэфф-т | ** |   | 0,670 | 0,677 | 0,683 | 0,692 | 0,697 |
| 16 | Потребная мощность двиг. | *Ne* | лс | 2179 | 2819 | 3623 | 4540 | 5866 |
| 17 | Потребная мощность двиг. | *Ne* | кВт | 2960 | 3830 | 4923 | 6168 | 7970 |
| где: |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  **   1 *s* *V* *p* *V* 514 , 0  | скорость воды в диске гребного винта |  |
|  |  | - | коэффициент попутного потока |  |
|  |  |  | = | 0,214 |  |  |  |  |
|  | *Rx* *Pe**p* *z*  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | тяга гребного винта |  |  |  |
|  | Zp- | количество ГВ | Zp=1 |  |  |
|  |  | Rx | принимается равным рассчитанному в пункте 4 для |
|  |  |  | максимальной осадки |  |  |
|  | *Pe* 1*P**t* |  |  |  |  |  |  |  |
|  | упор ГВ |  |  |  |  |  |
|  | t | - | коэффициент засасывания |  |
|  | t | = | 0,192 |  |  |  |  |
|  | *V* *p* *K'* *H* 4 *P'* ** *n*  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | коэффициент числа оборотов |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *a**p* *'* *p* **  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | исправленное значение относительной поступи |
|  | a | = | 0,974 |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | *p**V**p* *n* ** *D*4 2 *D* *n* *P'* ** 1 *K* **   1 1 *t* ** *k* *i**к* ** *р* ** **  *в* **  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | оптимальный диаметр ГВ, для данной скорости хода |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | коэффициент упора |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | коэффициент влияния корпуса |  |  |
|  | i=1 |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | пропульсивный коэффициент |  |  |
|  | в-КПД валопровода=0,97 |  |  |
|  | *Ne*** 75 *V* *Pe*  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | потребная мощность двигателя |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | По результатам расчётов строятся графические зависимости: |  |
|  | f=D(Vs), f=H/D(Vs), f=Ne(Vs), f=(Vs) представленнные на рисунке 2 и 2а. |
|  | По ним определяется максимально возможная скорость и оптимальные для неё  |
|  | значения D, H/D,  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  | Vsmax= | 15,16 | уз |  |  |
|  |  |  |  | D= | 5,357 | м |  |  |
|  |  |  |  | H/D= | 0,792 |  |  |  |
|  |  |  |  | = | 0,692 |  |  |  |
|  |  |  |  | *p=* | 0,616 |  |  |  |





6. Расчёт и построение контуров и профилей сечений лопастей гребного винта

Для расчёта спрямлённого контура и распределения толщины лопасти необходимо предварительно определить максимальную ширину лопасти

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| При  |  |  |
| z= | 3 |  |
| расч= | 0,5 |  |
| bmax=0,2589D= | 1,398 | м |
| D=  | 5,4 | м |

Результаты расчёта спрямлённого контура и распределения толщин приведены в таблице 4

Таблица 4.Спрямлённый контур и распределение толщин лопасти

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| r/R | От основной  | От основной  | Полная ширина | Наибольшая  | Отстояние наиб. |
|   | линии до вых.  | линии до вход.  |  лопасти b, м | толщина сече- |  толщины сеч-я |
|   | кромки x2, м | кромки x1, м |   | ний e, м |  от вход. кр. с, м |
| 0,2 | 0,408 | 0,656 | 1,064 | 0,198 | 0,372 |
| 0,3 | 0,466 | 0,736 | 1,202 | 0,175 | 0,421 |
| 0,4 | 0,521 | 0,787 | 1,309 | 0,152 | 0,458 |
| 0,5 | 0,570 | 0,805 | 1,375 | 0,130 | 0,488 |
| 0,6 | 0,614 | 0,784 | 1,398 | 0,107 | 0,544 |
| 0,7 | 0,653 | 0,719 | 1,371 | 0,084 | 0,607 |
| 0,8 | 0,676 | 0,582 | 1,258 | 0,062 | 0,603 |
| 0,9 | 0,657 | 0,354 | 1,011 | 0,039 | 0,506 |
| 0,95 | 0,596 | 0,165 | 0,761 | 0,028 | 0,381 |
| 1 | 0,282 | - | - | 0,016 | - |

Для построения контуров сечений лопасти ГВ на различных радиусах необходимо знать их ординаты. Они представлены в таблице 5

Ординаты контуров сечений лопасти ГВ на различных радиусах

|  |  |
| --- | --- |
|   | Расстояние от ординаты с наибольшей толщиной (ОНТ) |
|   | От ОНТ к выходящей кромке в % | От ОНТ к входящей кромке в % |
|   | r/R | 100 | 80 | 60 | 40 | 20 | 20 | 40 | 60 | 80 | 90 | 95 | 100 |
| Ординаты | 0,2 | - | 105,4 | 143,6 | 171,7 | 190,6 | 194,9 | 186,8 | 171,9 | 147,0 | 127,2 | 112,6 | - |
| засасывающ. | 0,3 | - | 89,1 | 125,3 | 151,9 | 169,4 | 172,2 | 164,5 | 150,1 | 126,8 | 109,6 | 96,1 | - |
| поверхности | 0,4 | - | 72,6 | 107,0 | 131,8 | 147,7 | 149,5 | 142,0 | 128,4 | 107,2 | 91,6 | 79,5 | - |
| y1, мм | 0,5 | - | 56,2 | 88,6 | 111,6 | 125,6 | 127,1 | 119,8 | 106,7 | 87,7 | 73,6 | 63,0 | - |
|   | 0,6 | - | 43,0 | 71,8 | 91,3 | 103,5 | 104,9 | 97,6 | 84,8 | 68,0 | 55,8 | 46,7 | - |
|   | 0,7 | - | 33,2 | 56,4 | 71,5 | 81,4 | 82,2 | 74,8 | 63,1 | 48,0 | 37,2 | 29,5 | - |
|   | 0,8 | - | 25,2 | 41,7 | 52,5 | 59,5 | 59,7 | 52,5 | 42,3 | 29,7 | 21,3 | 15,7 | - |
|   | 0,9 | - | 17,6 | 27,2 | 33,8 | 37,7 | 37,7 | 33,8 | 27,2 | 17,6 | 11,7 | 9,7 | - |
| Ординаты | 0,2 | 59,3 | 36,0 | 21,5 | 10,8 | 3,1 | 0,9 | 4,5 | 11,7 | 26,6 | 40,1 | 51,8 | 79,1 |
| нагнетающ. | 0,3 | 44,4 | 21,3 | 10,1 | 3,0 | - | 0,1 | 2,3 | 8,0 | 19,0 | 29,0 | 38,8 | 65,7 |
| поверхности | 0,4 | 27,2 | 9,4 | 2,3 | - | - | - | 0,5 | 4,0 | 11,9 | 19,0 | 27,3 | 52,5 |
| y2, мм | 0,5 | 12,6 | 2,3 | - | - | - | - | - | 0,9 | 5,6 | 11,0 | 17,2 | 39,4 |
|   | 0,6 | 5,5 | - | - | - | - | - | - | - | 0,9 | 4,8 | 9,0 | 26,2 |
|   | 0,7 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 0,3 | 2,1 | 13,5 |
|   | 0,8 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 4,6 |
|   | 0,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

По результатам расчета выполнен чертеж гребного винта на котором отражены:

спрямленный контур винта

нормальный контур винта

прочный профиль винта;

7. Расчёт и построение паспортной диаграммы

Паспортная диаграмма является одной из главных характеристик ГВ. С её помощью определяется рабочая область ГВ.

Для заданных значений D, H/D, z, p определяем: K1, K2, Ne, P

Расчёт паспортной диаграммы представлен в таблице 6

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Известно: | D= | 5,40 | м | Известно: |
|  | H/D= | 0,792 |  |  |
|  | расч= | 0,50 |  |  |
|  | = | 0,692 |  |  |
|  | Z= | 3 | лопасти |

Расчёт паспортной диаграммы. Tаблицa 6

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Относительная поступь р |   | 0,493 | 0,555 |
| K1=f(р, H/D) |   | 0,167 | 0,149 |
| 0=f(p,H/D) |   | 0,55 | 0,603 |
| Коэфф. числа оборотов K2 |   | 0,024 | 0,022 |
| Число оборотов, n | об/сек | 1,50 | 1,69 | 1,88 | 2,06 | 1,50 | 1,69 | 1,88 | 2,06 |
| Упор ГВ, P | кг | 33388 | 42257 | 52169 | 63124 | 29789 | 37702 | 46546 | 56320 |
| Мощность, Ne | лс | 3355 | 4777 | 6553 | 8722 | 3075 | 4379 | 6007 | 7995 |
| Vр скорость воды в диске ГВ | м/с | 3,99 | 4,49 | 4,99 | 5,49 | 4,49 | 5,05 | 5,62 | 6,18 |
| Vs | уз | 9,88 | 11,11 | 12,35 | 13,58 | 11,06 | 12,45 | 13,83 | 15,21 |

 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Относительная поступь р |   | 0,616 | 0,678 |
| K1=f(р, H/D) |   | 0,132 | 0,11 |
| p,H/D) |   | 0,656 | 0,683 |
| Коэфф. числа оборотов K2 |   | 0,02 | 0,017 |
| Число оборотов, n | об/сек | 1,50 | 1,69 | 1,88 | 2,06 | 1,50 | 1,69 | 1,88 | 2,06 |
| Упор ГВ, P | кг | 26391 | 33400 | 41235 | 49895 | 21992 | 27834 | 34363 | 41579 |
| Мощность, Ne | лс | 2796 | 3981 | 5461 | 7268 | 2376 | 3384 | 4642 | 6178 |
| Vр скорость воды в диске ГВ | м/с | 4,99 | 5,62 | 6,24 | 6,86 | 5,49 | 6,18 | 6,86 | 7,55 |
| Vs | уз | 12,29 | 13,83 | 15,37 | 16,90 | 13,52 | 15,21 | 16,90 | 18,59 |

Расчёт производится по формулам











По результатам расчёта строится паспортная диаграмма ГВ, представленная на рисунке 3. На ней также строятся линии располагаемой тяги, сопротивления, требуемой мощности и кривая ограничительной характеристики

Крутящий момент



35503м



Использованная литература

Войткунский Я. И. Сопротивление движению судов. Л., 1964.

Цуренко Ю. И. Лекции по теории корабля., 2003.

Дубровин О. В. Расчет буксировочной мощности по прототипу. Л., 1960.

Басин А. М., Миниович И. Я. Теория и расчет гребных винтов. ГИЗ Судпром, Л., 1963.

Дорогостайский Д. В., Жученко М. М., Мальцев Н. Я. Теория и устройство судна. Л., Судостроение, 1976.